

$$1. \text{ Comme } (dp/dT)_v = \frac{\ell_v}{T(v_v - v_l)} \cong \frac{MP\ell_v}{T(RT)} \text{ alors}$$

$$\ell_v(373K) = \frac{RT^2}{MP} (dp/dT)_v = \frac{8,31(373)^2}{18 \cdot 10^{-3} (1,0132 \cdot 10^5)} 0,036 \cdot 10^5 = 2,28 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{De même, } (dp/dT)_f = \frac{\ell_f}{T_f(v_v - v_l)} = \frac{\ell_f}{T_f(1/\rho_l - 1/\rho_s)} \text{ alors}$$

$$\ell_f = T_f(1/\rho_l - 1/\rho_s)(dp/dT)_f = 273(1/1000 - 1/910)(-124 \cdot 10^5) = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Réponse B

$$2. \quad Q_{P=cte} = \Delta H_{fonction} = m(C_g(T_f - T_0) + L_f + C_l(T_v - T_f) + x_B l_v)$$

$$Q = 0,5(2,10(273 - 255) + 335 + 4,18(100) + 0,1 \cdot 2,28 \cdot 10^3) = 509,4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Réponse C

$$3. \text{ Comme } S \text{ est une fonction d'état, } \Delta S = m \left(-\frac{x_B l_v(T_B)}{T_B} + C_l \ln \left(\frac{T_C}{T_B} \right) \right) = 0 \text{ alors}$$

$$T_C = T_B \exp \left(\frac{x_B l_v(T_B)}{C_l T_B} \right) : \text{ Réponse D}$$

4. Nous sommes sur les courbes d'équilibre du diagramme (p,T) donc

$$(dp/dT)_v = \frac{\ell_v}{T(v_v - v_l)} \cong \frac{MP\ell_v}{T(RT)} = \frac{MP(a+bT)}{RT^2} \text{ soit } \frac{dp}{P} = \frac{M(a+bT)}{RT^2} dT \text{ soit}$$

$$\int_{P_{ref}}^{P_C} \frac{dp}{P} = \int_{T_B}^{T_C} \frac{Ma}{RT^2} dT + \int_{T_B}^{T_C} \frac{Mb}{RT} dT \quad \ln \left(\frac{P_C}{P_{ref}} \right) = \frac{Ma}{R} \left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_C} \right) + \frac{Mb}{R} \ln \left(\frac{T_C}{T_B} \right)$$

$$\frac{P_C}{P_{ref}} = \exp \left(\frac{Ma}{R} \left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_C} \right) \right) \left(\frac{T_C}{T_B} \right)^{\frac{Mb}{R}} : \text{ Réponse D}$$

5. La transformation est adiabatique donc

$$W_{BC} = U_C - U_B = \Delta U_{fonction} = \Delta U_{chang} + \Delta U_{liq} = \left(\Delta H_{chang} - \Delta(pV)_{chang} \right) + \Delta U_{liq}$$

$$W_{BC} = (-mx_B \ell_v(T_B) + p_B V_B) + m c_l (T_C - T_B) = m \left(-mx_B \ell_v(T_B) + \frac{x_B R T_B}{M} + c_l (T_C - T_B) \right)$$

$$W_{BC} = U_C - U_B = m \left(-mx_B \ell_v(T_B) + \frac{x_B R T_B}{M} + c_l (T_C - T_B) \right) : \text{ Réponse B et D}$$

6. Initialement, le piston est à l'équilibre donc $P_1 = \frac{\mu g}{S}$. A la fin, $P_2 = \frac{(\mu + M)g}{S}$. La transformation étant isentropique pour un gaz parfait avec $\gamma = cte$, nous avons

$$p_1^{1-\gamma} T_1^\gamma = p_2^{1-\gamma} T_2^\gamma \text{ soit } T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_1 \left(\frac{\mu}{\mu + M} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}. \text{ La travail vaut}$$

$$W_{12} = \Delta U_{adiabatique} = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_C - T_B) \text{ soit}$$

$$W_{12} = \frac{nR}{\gamma-1}(T_2 - T_1) = \frac{nR}{\gamma-1}T_1 \left(\left(\frac{\mu}{\mu+M} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1 \right) = \frac{P_1 V_1}{\gamma-1} \left(\left(\frac{\mu}{\mu+M} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1 \right) : \text{Réponse A}$$

7. Nous avons un réchauffement isobare à la pression $P_2 = \frac{(\mu+M)g}{S}$ jusqu'à la température

$$T_3 = T_{atm} \text{ donc } V_3 = \frac{T_3}{T_2} V_2 \quad S_{3(T,P)} = S_2 + \frac{mR\gamma}{M_g(\gamma-1)} \ln \left(\frac{T_3}{T_2} \right) : \text{Réponse C et D}$$

8. La transformation étant isobare, $W_{23 \text{ isobare}} = -p_3(V_3 - V_2) = \frac{mR}{M_g}(T_2 - T_3)$ et

$$Q_{23 \text{ isobare}} = \Delta H = \frac{mR\gamma}{M_g(\gamma-1)}(T_2 - T_3) : \text{Réponse A}$$

9. Nous avons toujours l'équation du gaz parfait $P_4 V_4 = nRT_4$ et l'équilibre mécanique

$$P_4 = \frac{(\mu+M)g}{S} . \text{ La loi de Laplace n'est plus valable car la transformation est irréversible.}$$

D'après le 1^{er} principe, $\Delta U_{\text{1er principe}} = W + Q = \frac{nR}{\gamma-1}(T_4 - T_1) = -P_4(V_4 - V_1) = -nR \left(T_4 - \frac{P_4}{P_1} T_1 \right)$

$$\left(\frac{nR}{\gamma-1} + nR \right) T_4 = \left(\frac{nR}{\gamma-1} + nR \frac{M+\mu}{\mu} \right) T_1 \quad \text{soit} \quad T_4 = \left(\frac{1}{\gamma} + \frac{M+\mu}{\mu} \frac{\gamma-1}{\gamma} \right) T_1 > T_1 : \text{Réponse C}$$

10. La variation d'entropie est

$$\Delta S_{\text{GP}(T,P)} = \frac{mR\gamma}{M_g(\gamma-1)} \ln \left(\frac{T_4}{T_1} \right) - \frac{mR}{M_g} \ln \left(\frac{p_4}{p_1} \right) = \frac{mR}{M_g} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_4}{T_1} \right) - \ln \left(\frac{M+\mu}{\mu} \right) \right) : \text{Réponse A}$$

11. Choix des coordonnées :

La distribution a une symétrie autour d'un point, on travaille en coordonnées sphériques.

Symétrie:

Tout plan passant par M et contenant le centre de la terre est un plan de symétrie donc $\vec{E}$ est dans ce plan donc $\vec{E} = E \vec{e}_r$

Une invariance des sources par rotation suivant θ et φ implique que g ne dépend pas de θ et φ :

$E = E(r)$. On choisit donc comme surface de Gauss, une sphère de rayon r :

$$\Phi = ES = E(r)4\pi r^2$$

$$\bullet \text{ Si } r > R, \quad Q_{\text{int}} = Q \quad \text{alors} \quad E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{QP}{\|OP\|}$$

$$\bullet \text{ Si } r < R, \quad Q_{\text{int}} = \rho \frac{4\pi r^3}{3} = Q \frac{r^3}{R^3} \quad \text{alors} \quad E = \frac{Qr}{4\pi\epsilon_0 R^3} \frac{QP}{\|OP\|} : \text{Réponse A et C}$$

$$12. \text{ D'après la question précédente, si } r > R \quad E(r) = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{et si } r < R \quad E(r) = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r}{R^3} \quad \underline{1er}$$

cas:

$$V(M) = -\int \vec{E} d\vec{l} + C = \int -\frac{Qdr}{4\pi\epsilon_0 r^2} + C = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + C$$

Comme il n'y a pas de charges à l'infini, on peut prendre $V(\infty) = 0$ alors pour $r > R$,

$$V(M) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$V(M) = -\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} + C = -\int \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3} dr + C = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r^2}{R^3} + C$$

2ème cas:

La constante C est déterminée par continuité du potentiel pour $r = R$:

$$V(r = R) = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \frac{R^2}{2R^3} + C = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad \text{alors} \quad C = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R} = \frac{3}{2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$V(M) = -\frac{Q}{8\pi\epsilon_0} \frac{r^2}{R^3} + \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R}$$

Pour $r < R$,

$$W = \frac{1}{2} \iiint_{\text{volume}} \rho(M) V(M) d\tau$$

$$W = \frac{1}{2} \int_0^R \left(-\frac{Q}{8\pi\epsilon_0} \frac{r^2}{R^3} + \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R} \right) \rho 4\pi r^2 dr = \frac{1}{2} 4\pi \frac{3Q}{4\pi R^3} \frac{Q}{8\pi\epsilon_0} \left[-\frac{r^5}{5R^3} + \frac{r^3}{R} \right]_0^R = \frac{1}{2} \frac{3Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} \left(-\frac{1}{5} + 1 \right)$$

$$W = \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R} \quad \text{: Réponse D)}$$

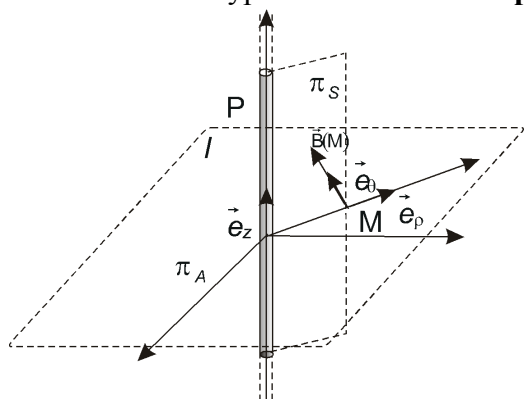
autre démonstration :

$$W = \frac{\epsilon_0}{2} \iiint_{\text{espace}} E^2 d\tau = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left[\int_0^R \frac{r^2}{R^6} 4\pi r^2 dr + \int_R^\infty \frac{1}{r^4} 4\pi r^2 dr \right]$$

$$W = \frac{4\pi\epsilon_0}{2} \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left[\int_0^R \frac{r^4}{R^6} dr + \int_R^\infty \frac{1}{r^2} dr \right] = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{5R} + \frac{1}{R} \right] = \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R}$$

13. L'énergie nécessaire est $W = QV$. Si on suppose $r_1 > R$, alors $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r_1} = \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R}$

soit $r_1 = \frac{5}{3} R > R$. hypothèse correcte. **Réponse B)**



Une symétrie par rapport au plan P_1 , perpendiculaire au fil et passant par le point M d'observation transforme I en -I donc $\vec{B}$ reste inchangé : Il appartient au plan P_1 .

Si l'on fait une symétrie par rapport au plan contenant le fil et passant par M, I reste invariant donc $\vec{B}$ est perpendiculaire à P_2 .

On en déduit donc que $\vec{B}$ est orthoradial :

$$\vec{B} = B(M)\vec{e}_\theta = B(\rho, \theta, z)\vec{e}_\theta$$

14.

Toute translation suivant l'axe Oz ne modifie pas le problème donc $B(M)$ est indépendant de z. Toute rotation d'angle θ ne modifie pas le problème donc $B(M)$ est indépendant de θ .

$\vec{B}(M) = B(\rho)\vec{e}_\theta$ on cherche un contour sur lequel la circulation de $\vec{B}$ se ramène à un simple produit non nul.

Or, B est constant sur une courbe d'équation $\text{INCORPORER Equation.DSMT4} = \text{cte}$: On choisit donc un cercle de rayon $\text{INCORPORER Equation.DSMT4}$. Tout contour doit être orienté pour pouvoir calculer le flux de $\text{INCORPORER Equation.DSMT4}$: $\text{INCORPORER Equation.DSMT4}$

$\text{INCORPORER Equation.3} = \text{INCORPORER Equation.3} = \text{INCORPORER Equation.DSMT4}$. D'où $\text{INCORPORER Equation.3}$ Réponse D) 15. $\text{INCORPORER Equation.DSMT4}$ est un vecteur qui a la

n
u
d
o (n 1 c)
I L
N a
C 1

symétrie des courants donc INCORPORER Equation.DSMT4 . Comme INCORPORER Equation.DSMT4 , il vient INCORPORER Equation.DSMT4 : INCORPORER Equation.3 . Réponse A)16. On en déduit INCORPORER Equation.3 . Réponse A)17. INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4 : Réponse C)18. INCORPORER Equation.DSMT4
INCORPORER Equation.DSMT4

La superposition des deux ondes planes ne donne pas une onde plane, mais une onde dont l'amplitude varie selon l'axe INCORPORER Equation.DSMT4 avec la période spatiale INCORPORER Equation.DSMT4 . Dans un plan INCORPORER Equation.DSMT4 , l'état vibratoire est celui d'une onde stationnaire. La propagation a lieu suivant l'axe INCORPORER Equation.DSMT4 à la vitesse de phase INCORPORER Equation.DSMT4 . Elle reste polarisée suivant INCORPORER Equation.DSMT4 .

Réponse A)19. Si INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4 . Nous retrouvons une onde plane d'amplitude INCORPORER Equation.DSMT4 , la propagation a lieu suivant l'axe INCORPORER Equation.DSMT4 à la vitesse de phase INCORPORER Equation.DSMT4 , polarisée rectilignement suivant Oz. Réponse B,C20. La propagation se faisant dans le vide, le nombre d'onde vaut INCORPORER Equation.DSMT4 . Le champ magnétique en INCORPORER Equation.DSMT4 peut se déduire de l'équation de Maxwell-Faraday : INCORPORER Equation.DSMT4 d'où les composantes du champ : INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4 avec INCORPORER Equation.DSMT4 .

En prenant la notation réelle, INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4

si INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4 INCORPORER Equation.DSMT4
si INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4

INCORPORER Equation.DSMT4

si INCORPORER Equation.DSMT4 INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4

Réponse D21. Les formules du prisme sont : INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4

Réponse B,C et D22. Les réponses sont A et D23. La lumière ressort si INCORPORER Equation.DSMT4 donc INCORPORER Equation.DSMT4 donc INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4

Réponse B24. Au minimum de déviation $r=r'=A/2$ donc INCORPORER Equation.DSMT4 soit INCORPORER Equation.DSMT4 . Réponse B25. Comme INCORPORER Equation.DSMT4 , INCORPORER Equation.DSMT4

La précision est INCORPORER Equation.DSMT4 donc INCORPORER Equation.DSMT4 26. les forces qui s'appliquent sont :

le poids INCORPORER Equation.DSMT4

la réaction du support, INCORPORER Equation.DSMT4

le force d'inertie d'entraînement, INCORPORER Equation.DSMT4

le force d'inertie de Coriolis, INCORPORER Equation.DSMT4

Réponse B27. La relation fondamentale projetée suivant INCORPORER Equation.DSMT4 , donne INCORPORER Equation.DSMT4 soit

INCORPORER Equation.DSMT4 . La solution est INCORPORER Equation.DSMT4 alors INCORPORER Equation.DSMT4

A $t=0$, INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4 donc INCORPORER Equation.DSMT4 et INCORPORER Equation.DSMT4 soit INCORPORER Equation.DSMT4

INCORPORER Equation.DSMT4 Réponse D28. INCORPORER Equation.DSMT4 : Réponse D29. INCORPORER Equation.DSMT4 alors INCORPORER Equation.DSMT4 30. La trajectoire est

INCORPORER Equation.DSMT4 . Dans $\mathcal{R}_0$, la trajectoire est une spirale et dans $\mathcal{R}$ une droite pour

$$(dp/dT)_v = \frac{\ell_v}{T(v_v - v_l)} \cong \frac{MP\ell_v}{T(RT)}$$

INCORPORER Equation.DSMT4 . Au delà la masse est fixe dans R et décrit un cercle dans R0. Réponse D31. Lorsque la masselotte est en butée , la résultant des forces est nulle INCORPORER Equation.DSMT4

s
 d 0
 e
 p s
 o o
 t i
 e t
 n *u*
 t (
 i 2
 e)
 l S
 à i
 l o
 , n
 e c
 n o
 t u
 r r
 é t
 e -
 (c
 - i
) r
 d c
 e u
 l i
 , t
 A e
 O l
 l a
 d s
 o o
 n r
 n t
 e i
 e
 ,
 u
 s
 =
 0
 d
 o
 n
 c

i_c

i_c

 :
R

